

## Reuso da Água Produzida na Irrigação do Abacaxizeiro Ornamental

Efeitos sobre as Características Químicas do Solo



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria Tropical  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
158**

**Reuso da Água Produzida na Irrigação  
do Abacaxizeiro Ornamental**  
**Efeitos sobre as Características Químicas do Solo**

Lindbergue Araújo Crisóstomo  
Olmar Baller Weber  
Fabio Rodrigues de Miranda  
Fernando Antonio Souza de Aragão  
Fred Carvalho Bezerra  
José Luiz Mosca

***Embrapa Agroindústria Tropical  
Fortaleza, CE  
2018***

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

**Embrapa Agroindústria Tropical**  
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici  
CEP 60511-110 Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109  
[www.embrapa.br/agroindustria-tropical](http://www.embrapa.br/agroindustria-tropical)  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente  
*Gustavo Adolfo Saavedra Pinto*

Secretária-executiva  
*Celli Rodrigues Muniz*

Secretária-administrativa  
*Eveline de Castro Menezes*

Membros  
*Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra,  
Luiz Augusto Lopes Serrano, Marlon Vagner  
Valentim Martins, Kirley Marques Canuto, Rita  
de Cassia Costa Cid, Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial  
*Ana Elisa Galvão Sidrim*

Revisão de texto  
*José Cesamildo Cruz Magalhães*

Normalização bibliográfica  
*Rita de Cassia Costa Cid*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Arilo Nobre de Oliveira*

Foto da capa  
*Olmar Baller Weber*

**1ª edição**  
On-line (2018)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Agroindústria Tropical

---

Reuso da água produzida na irrigação do abacaxizeiro ornamental: efeitos sobre as  
características químicas do solo / Lindbergue Araújo Crisóstomo... [et al.]. – Fortaleza:  
Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.

27 p. ; 16 cm x 22 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria  
Tropical, ISSN 1679-6543; 158).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Ananas comosus* var. *bracteatus*. 2. Reuso de águas. 3. Salinização. I. Crisóstomo,  
Lindbergue Araújo. II. Weber, Olmar Baller. III. Aragão, Fernando Antonio Souza de.  
IV. Bezerra, Fred Carvalho. V. Mosca, José Luiz. VI. Série

CDD 631.585

---

© Embrapa, 2018

# Sumário

---

Resumo .....4

Abstract .....6

Introdução.....7

Material e Métodos .....9

Resultados e Discussão .....14

Conclusões.....24

Agradecimentos.....24

Referências .....26

# Reuso da Água Produzida na Irrigação do Abacaxizeiro Ornamental

## Efeitos sobre as Características Químicas do Solo

Lindbergue Araújo Crisóstomo<sup>1</sup>

Olmar Baller Weber<sup>2</sup>

Fabio Rodrigues de Miranda<sup>3</sup>

Fernando Antonio Souza de Aragão<sup>4</sup>

Fred Carvalho Bezerra<sup>5</sup>

José Luiz Mosca<sup>6</sup>

**Resumo** - Na exploração de óleo e gás, grandes volumes de água são extraídos dos poços de petróleo, e somente uma pequena fração dessa água residual passa por algum tratamento para ser usada em processos na planta industrial. O reuso da água produzida tratada para irrigação pode ser alternativa para a produção de culturas não alimentares e plantas ornamentais em bacias petrolíferas terrestres das regiões semiáridas. Neste trabalho, foram avaliados os efeitos da irrigação com água produzida tratada sobre a concentração de íons solúveis e trocáveis no solo, a nutrição das plantas e a produção de hastes florais do abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *bracteatus*) na região semiárida do Nordeste brasileiro. Durante um ciclo de produção da cultura, aplicaram-se por gotejamento quantidades adequadas de água produzida tratada por filtração (APF), água produzida tratada por osmose reversa (APO) e uma água do subsolo, captada do aquífero Açu

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia/Química Agrícola e Solos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia/Ciências do solo, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia de Biossistemas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Melhoramento Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

<sup>5</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia/Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

<sup>6</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia/Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

---

(ACA). A irrigação com APO e APF resultou no aumento dos teores de sódio e dos valores de pH e condutividade elétrica do solo, principalmente na camada superficial (até 30 cm de profundidade). A irrigação com APF elevou a concentração de sais solúveis no solo, afetando a produção de hastes florais. Esses resultados permitiram evidenciar o risco de salinização do solo sob irrigação com água produzida filtrada durante um ciclo da cultura. De outro modo, a irrigação localizada com água produzida tratada por osmose reversa é tecnicamente viável, e a produção de hastes pode ser comparada ao sistema de produção do abacaxizeiro ornamental irrigado com a água de subsolo captada do aquífero Açu.

**Termos para indexação:** reuso de águas, salinização, *Ananas comosus* var. *bracteatus*.

## Reuse of Produced Water for Irrigation of Ornamental Pineapple

**Abstract** - In the exploration of oil and gas large volumes of water are extracted from oil wells and only a small fraction of that wastewater goes through some treatment to be used in industrial plant processes. The reuse of the produced water for irrigation can be an alternative for the production of non-food crops and ornamentals in onshore oil basins of semiarid regions. In this study we evaluated the effects of irrigation with different types of produced water on the concentration of soil soluble and exchangeable ions, plant nutrition and the production of flower stalks of ornamental pineapple (*Ananas comosus* var. *bracteatus*) crop in the semiarid region of Northeast Brazil. During a whole cycle of crop production adequate quantities of produced water, one treated by simply filtration (APF), another by reverse osmosis (APO), and control groundwater collected from the Açu aquifer (ACA) were applied by dripping system. Irrigation with APO and APF resulted in an increase in the sodium content and in the pH and electrical conductivity of the soil, mainly in the superficial layer (up to 30 cm deep). The APF water irrigation increased the concentration of the soluble salts in the soil to the concentration, affecting the production of floral stems. These results allowed highlighting the risk of soil salinization under continuous irrigation with the filtered produced water. Otherwise, drip irrigation with wastewater treated by reverse osmosis is technically feasible, so that the production of ornamental pineapple stems can be compared to the production system irrigated with the groundwater from Açu aquifer.

**Index terms:** water reuse, salinization, *Ananas comosus* var. *bracteatus*.

## Introdução

---

O setor agrícola utiliza 70% da água doce do mundo, seguido do setor industrial com 21% e do consumo humano com apenas 9% (Coelho et al., 2005). A agricultura irrigada, mesmo ocupando apenas 18% da área cultivada, é responsável por cerca de 40% de toda produção agrícola. Apesar da previsão do aumento da demanda de água pela agricultura nas próximas décadas, tendo em vista o crescimento da população, carecendo de mais alimentos e fibras, não há previsão no aumento da disponibilidade de água doce no mundo (Christofidis, 2002). Acredita-se que a agricultura irrigada possa ser expandida com a utilização de água de baixa qualidade, isto quando se alia o manejo adequado do sistema solo/água/planta.

Para o cultivo de plantas não comestíveis e recarga dos aquíferos subterrâneos, a utilização das águas residuais advindas do uso humano, da indústria, inclusive da extração de óleo e gás, poderá ser uma opção. O reuso de águas deve merecer algum esforço e ser incentivada em várias atividades humanas (Mota et al., 2007), pois a exploração das diferentes fontes é essencial para se atender as demandas da sociedade por água (FAO, 2013).

No semiárido Nordeste, há limitação de água doce superficial, e por essa razão devem ser exploradas as fontes subterrâneas. Ademais, salienta-se que na faixa litorânea dessa região existem mais de uma centena de campos petrolíferos, dos quais se extraem volumes expressivos de água conata, denominada água produzida. De acordo com Benko e Drewes (2008), Motta et al. (2013), a água produzida é oriunda de formações geológicas que contêm petróleo e gás, podendo representar até 90% do volume de óleo e gás extraídos. Segundo Çakmakci et al. (2008), a composição da água produzida é bastante complexa em virtude dos seus constituintes de origem orgânica e inorgânica, além de variar de poço para poço. Com relação à composição inorgânica, salienta-se que a concentração de sólidos solúveis totais nessa água varia entre 100 mg L<sup>-1</sup> e 300.000 mg L<sup>-1</sup>, dependendo da localização geográfica, da idade e do tipo do reservatório de petróleo, com a predominância dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (Stewart; Arnold, 2011).

Algumas características químicas da água produzida, com alta concentração de sódio e bicarbonato e baixos teores de metais alcalinos terrosos, podem limitar a sua utilização agrícola (Dejoia, 2002). O uso da água



produzida na irrigação também requer a remoção de compostos orgânicos tóxicos, bem como a redução dos sais solúveis para níveis aceitáveis (Igunnu; Chen, 2012).

De outro modo, a irrigação com água de baixa qualidade pode aumentar a salinidade e sodicidade do solo, mesmo em condição de elevada pluviosidade. Os sais solúveis encontrados nos solos são constituídos de várias proporções dos cátions cálcio, magnésio e sódio e dos ânions cloreto e sulfato e, em menores proporções, de potássio e nitrato (Richards, 1954). Assumindo uma situação simplificada na qual a salinidade é devida ao cálcio e magnésio e/ou sódio e potássio, as concentrações e a distribuição do cálcio e do sódio são calculadas como resultantes da infiltração da água contendo sais dissolvidos e da perda de água para a atmosfera devido à evapotranspiração e drenagem. Em modelo analítico devem ser incluídas as trocas iônicas entre o complexo sortivo e a solução do solo (Ferro, 2008). Salinidade e sodicidade, segundo Essington (2015), são condicionantes que: a) limitam a capacidade das plantas em absorver água; b) causam efeitos fitotóxicos, dada a elevada concentração de determinado íon; e c) alteram as características químicas e físicas do solo, reduzindo o rendimento das culturas.

Quando o solo é irrigado com água de qualidade inferior, como, por exemplo, água residual com elevada condutividade elétrica e um pH alcalino, certamente afeta as características químicas do solo, acarretando em aumento ou diminuição dos conteúdos disponíveis tanto dos macro quanto dos micronutrientes. A irrigação por gotejamento, mantendo o solo por algum tempo próximo à faixa de saturação, apresenta baixo suprimento de oxigênio propiciando reações de redução. A aplicação de água alcalina, por sua vez, torna o meio alcalino, afetando a absorção de micronutrientes pelas plantas (Krauskopf, 1972). Segundo este autor, as solubilidades do cobre, ferro, manganês e zinco decrescem com a elevação do pH do meio, favorecendo as formas de baixa solubilidade.

A família Bromeliaceae é representada por espécies de grande importância ornamental e econômica, com algumas plantas que, além de muito usadas em paisagismo, apresentam-se como fornecedoras de fibras e frutos (Reinhardt, et al., 2000). O abacaxizeiro *Ananas comosus* var. *bracteatus* vem se destacando como produto da floricultura de corte no estado do Ceará e Rio Grande do Norte (Carvalho et al., 2014). A sua exportação vem sendo

realizada para os Estados Unidos, a Holanda, a Alemanha e a Inglaterra. Vale notar que a comercialização de hastes do abacaxizeiro ornamental ainda é limitada no Brasil, podendo ser um novo nicho de mercado para agricultores da região. Por ser uma cultura não comestível, o abacaxizeiro ornamental pode vir a ser irrigado com água residual, como é o caso da água produzida. O reuso de água residuária gerada nos campos de petróleo poderia minimizar gastos com sua reinjeção nos poços, além de reduzir os custos de produção de óleo.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação com água produzida tratada sobre as características químicas do solo, o rendimento e a absorção de nutrientes pelo abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *bracteatus*).

## Material e Métodos

---

O experimento de campo foi realizado na fazenda Belém, Aracati, Ceará, (latitude 4°44'7"S, longitude 37°32'3"L e altitude de 84 m), localizada na bacia Potiguar. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas, foram avaliados três tipos de águas de irrigação, fornecidas pela Unidade de Operação da Petrobras: água produzida filtrada e tratada por osmose reversa (APO), água produzida filtrada (APF) e água captada de poço do aquífero Açu (ACA). Nas subparcelas, foram considerados cinco níveis de profundidade do solo: 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm e 80-100 cm.

O abacaxizeiro ornamental foi cultivado por doze meses (de fevereiro de 2013 a fevereiro de 2014), sob condições ambientais típicas dessa região semiárida (Tabela 1). Para o plantio, foram selecionadas mudas com base no aspecto visual e padronizadas por tamanho. O espaçamento utilizado foi o retangular com 1,0 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas na fileira. Antes do plantio, foram aplicados 75 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Polefétil, Integral Agroindustrial Ltda.), 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O), ambos distribuídos em sulcos de 0,15 m de profundidade, espaçados de 1,0 m. As

adubações de cobertura com ureia e cloreto de potássio foram realizadas 30 dias após o plantio das mudas, seguida de nove aplicações, em intervalos de 30 dias, de modo a completar 400 kg N ha<sup>-1</sup> e 500 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Temperaturas (máxima e mínima) e pluviometria da área experimental no período do experimento.

Mês/Ano	Temperatura (°C)		Pluviometria (mm)
	Máxima	Mínima	
Jan./13	33,1	21,4	39,2
Fev./13	33,3	24,1	64,8
Mar./13	32,4	24,5	93,6
Abr./13	33,1	23,5	331,2
Mai./13	33,5	23,6	21,8
Jun./13	32,7	22,9	37,3
Jul./13	32,6	22,0	58,4
Ago./13	33,3	23,4	0,4
Set./13	33,3	23,1	0,2
Out./13	33,3	23,1	6,4
Nov./13	32,9	23,6	4,0
Dez./13	32,6	23,9	4,8
Jan./14	33,6	23,9	30,2
Fev./14	33,1	24,0	41,2

As plantas foram irrigadas por gotejamento, tendo uma linha lateral por fileira, com emissores espaçados de 0,3 m e vazão nominal por emissor de 1,0 L h<sup>-1</sup> e considerando um décimo da fração de lixiviação. A irrigação foi iniciada dois dias antes do transplante das mudas, aplicando uma lâmina d'água suficiente para umedecer o solo até 1,0 m de profundidade. Na irrigação da cultura (do plantio à colheita), foram aplicados por planta 232, 242 e 242 L de APO, APF e ACA, respectivamente.

No período de condução da cultura, não foram detectados sintomas de doenças fúngicas, porém algumas plantas foram infestadas por cochonilha (*Dysmicoccus brevipes*) na fase de frutificação.

No período julho de 2012 a dezembro de 2013, foram coletadas e analisadas amostras de cada tipo de água, seguindo as recomendações de Tedesco et al., (1995) (Tabela 2). Foram observadas diferenças entre as águas utilizadas, que se devem à origem e aos tratamentos químicos e físicos dispensados a cada uma. A APF apresentou valores mais altos de CE,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$  e razão de adsorção de sódio (RAS), quando comparada às águas APO e ACA. A APO apresentou valores mais baixos de pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , e  $\text{HCO}_3^-$  em relação à ACA.

De acordo com a classificação proposta por Rhoades; Kandiah; Mashal (1992), em termos de concentração total de sais, APO e ACA, foram classificadas como não salinas, enquanto APF foi classificada como moderadamente salina.

**Tabela 2.** Valores médios de alguns analitos nas águas de irrigação.

Analito	Unidade	APO	APF	ACA
pH	-	7,56±0,54	8,46 ±0,29	8,11±0,18
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,53±0,30	2,67±0,59	0,69±0,09
Ca <sup>++</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,10±0,10	0,16±0,06	0,22±0,02
Mg <sup>++</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,29±0,39	1,03±1,53	0,12±0,04
K <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,40±0,33	0,70±0,23	0,17±0,18
Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	4,54±2,77	18,48±6,29	10,32±6,12
Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	2,42±1,61	17,22±6,66	3,29±0,71
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,34±0,40	1,43±0,45	0,62±0,24
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	1,44±1,18	3,51±0,69	2,79±0,37
Cu	mg L <sup>-1</sup>	0,001±0,01	0,001±0,001	0,001±0,001
Fe	mg L <sup>-1</sup>	0,381±0,166	0,064±0,026	0,065±0,029
Mn	mg L <sup>-1</sup>	0,007±0,003	0,002±0,001	0,004±0,001
Zn	mg L <sup>-1</sup>	0,031±0,025	0,008±0,004	0,004±0,001
RAS	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	18,00±16,30	43,95±19,27	24,98±16,66

Médias de 17 amostras coletadas entre 2012 e 2013. APO: água produzida tratada por osmose reversa; APF: água produzida tratada por filtração; e ACA: água do Aquífero Açu.

Nas fileiras destinadas ao plantio, antes da adubação orgânica e mineral e do transplante de mudas, foram coletadas amostras de solo compostas por dez subamostras, em camadas de 20 cm até a profundidade de 100 cm. Foram analisados, em extratos saturados (Richards, 1954), os seguintes atributos: pH, condutividade elétrica ( $CE_{es}$ ),  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$  solúveis, possibilitando o cálculo da RAS (Relação de Adsorção de Sódio) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização química do extrato saturado do solo antes do cultivo do abacaxizeiro ornamental.

Profundidade (cm)	$CE_{es}$ ( $dS\ m^{-1}$ )	pH <sub>es</sub>	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$K^+$	$Na^+$	RAS ( $mmol_c\ L^{-1}$ ) <sup>1/2</sup>
----- $mmol_c\ L^{-1}$ -----							
0-20	0,10	6,43	1,39	0,85	0,24	0,47	0,47
20-40	0,11	6,64	1,55	0,56	0,10	0,42	0,47
40-60	0,11	6,73	0,89	0,56	0,06	0,45	0,57
60-80	0,13	6,77	0,84	0,63	0,06	0,40	0,50
80-100	0,12	6,79	0,74	0,50	0,06	0,47	0,66

Nas amostras do solo, ainda foram quantificados os teores dos cátions trocáveis ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ ), os valores do pH<sub>(água 1:2,5)</sub> e da  $CE_{es}$ , bem como os conteúdos dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), segundo Embrapa (1997) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Caracterização química do solo antes da irrigação e do cultivo do abacaxizeiro ornamental.

Profundidade (cm)	$CE_{es}$ ( $dS\ m^{-1}$ )	pH (água 1:2,5)	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$K^+$	$Na^+$	$H^+Al^{3+}$	T	PST (%)
----- $mmol_c\ kg^{-1}$ -----									
0-20	0,10	6,35	12,02	2,33	0,58	0,14	9,09	24,16	0,62
20-40	0,11	6,65	10,69	1,35	0,34	0,13	5,45	17,96	0,77
40-60	0,11	6,68	8,18	1,19	0,29	0,11	4,66	14,42	0,79
60-80	0,13	6,72	7,66	1,22	0,25	0,13	4,27	13,53	0,98
80-100	0,12	6,76	7,28	0,98	0,25	0,14	2,62	11,28	1,29

Profundidade	Cu	Fe	Mn	Zn
----- $mg\ kg^{-1}$ -----				
0-20	0,03	7,12	16,04	0,82
20-40	0,03	7,03	11,84	0,30
40-60	0,07	10,69	7,05	0,15
60-80	0,04	13,12	6,63	0,16
80-100	0,05	16,12	5,40	0,19

Decorridos 266 dias do plantio das mudas, realizou-se a indução dos abacaxizeiros. As plantas receberam no ápice da brotação principal 20 mL da mistura de Ethrel [(2-chloroethylphosphonic acid, ETEFON) 24 % m/v e ureia (10,0 mL de Ethrel + 200 g de ureia para 10 litros de água), o que permitiu a obtenção de plantas com florescimento uniforme.

Posteriormente, aos 341 dias do plantio, foi realizada a colheita das hastes florais (conjunto formado pela coroa, infrutescência e haste). Ainda em campo, as hastes foram acondicionadas em caixas plásticas, de modo a permitir uma avaliação adequada do comprimento da coroa (CC), da infrutescência (CI) e da haste propriamente dita (CH), e foram medidos os diâmetros da infrutescência (DI) e da haste (DH).

As hastes florais foram acondicionadas em caixas plásticas, sem hidratação, e armazenadas em ambiente refrigerado a 15 °C para avaliação da vida pós-colheita. Tal avaliação foi realizada a cada dois dias, até o momento em que todos os tratamentos apresentaram elevado grau de senescência, segundo escala subjetiva de notas:

- 3 – Coroa, infrutescência e haste sem sinais de ressecamento ou mudança de coloração características;
- 2 – Início de ressecamento na coroa e/ou haste, leve alteração na cor e no brilho da infrutescência;
- 1 – Ressecamento na coroa e/ou haste, alteração acentuada na cor e no brilho da infrutescência;
- 0 – Sinais de senescência acentuados, separação da infrutescência da haste.

As hastes florais ainda foram avaliadas quanto ao padrão de qualidade sugerido pelo mercado consumidor, em que se consideram faixas de comprimentos da haste (35 cm a 40 cm, de 40 cm a 45 cm e de 50 cm a 60 cm) com inflorescência de 8,0 cm e altura da coroa de 5 cm. Salienta-se que a padronização do consumidor é muito ampla, sem critérios definidos, podendo ser comercializadas hastes florais com grande variação nas características dos produtos; todavia, não há um padrão oficial.

Após doze meses de cultivo do abacaxizeiro, nova amostragem do solo, também composta por dez subamostras, foi realizada no bulbo molhado de dez plantas por parcela, em intervalos de 20 cm até 100 cm de profundidade.

Nessas amostras, foram analisados tanto os atributos químicos no extrato de solo saturado quanto aqueles extraídos por soluções extratoras, seguindo a metodologia descrita por Claessen (1997). Os conteúdos dos cátions trocáveis foram calculados pela diferença entre os extraídos pela solução extratora e os obtidos nos extratos saturados, em conformidade com as recomendações de Richards (1954) e Holanda (1998).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias do fator qualitativo (águas) foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (profundidades), procedeu-se à análise de regressão, sendo os modelos escolhidos com base na significância do teste F e dos coeficientes de regressão. Na análise de regressão, para variável explicativa, foi considerado o valor médio de cada camada (10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm e 90 cm).

## Resultados e Discussão

---

### **Efeito da irrigação sobre a condutividade elétrica, conteúdos dos íons solúveis e RAS no extrato saturado do solo**

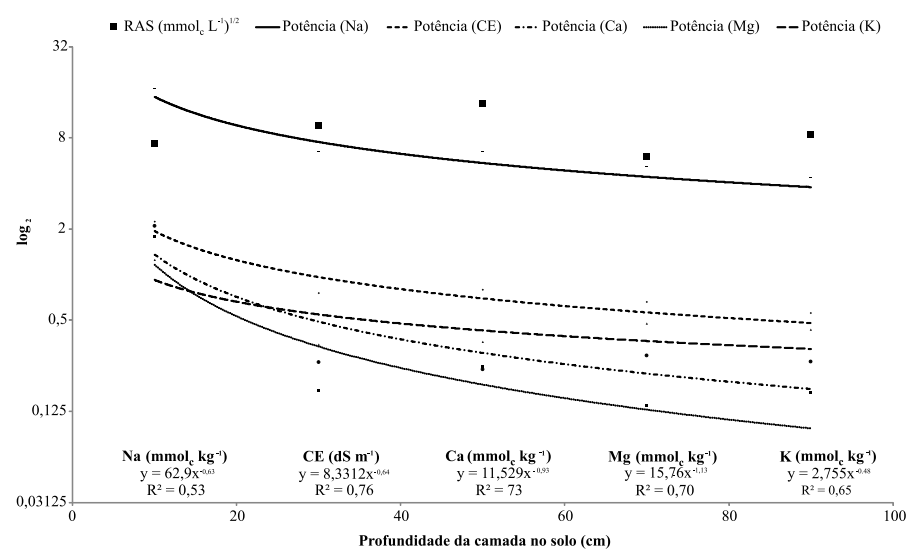
Não houve interação entre o fator água (parcela) e o fator profundidade (subparcela). Houve diferença entre as águas para condutividade elétrica do extrato saturado ( $CE_{es}$ ),  $Na^+$  e RAS (Tabela 5), não havendo para  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  e  $K^+$ . Quanto às profundidades, para todos os atributos, o modelo potência foi o que melhor se ajustou; inclusive representa bem os dados observados. A exceção ficou por conta da RAS, a partir da qual nenhum modelo foi ajustado (Figura 1). Comparando-se os resultados analíticos obtidos no solo antes do cultivo (Tabela 3) com aqueles após o cultivo (Tabela 5), constatou-se que os atributos químicos e físico-químicos avaliados foram alterados devido à irrigação.

A análise da variância dos atributos  $CE_{es}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$  e RAS, no extrato saturado, em cada camada de solo, no final do período de cultivo, não revelou significância estatística para a variável tipo de água. No que concerne ao íon  $Na^+$ , a significância estatística foi observada entre as águas apenas na camada 0-20 cm de profundidade, e daí em diante apresentou comportamento similar aos dos outros analitos.

**Tabela 5.** Valores médios dos atributos químicos no extrato saturado do solo no final do ciclo de produção do abacaxizeiro ornamental, irrigado com três tipos de água, fazenda Belém, em Aracati, Ceará.

Fontes de variação		CE (dS m <sup>-1</sup> )	Ca -----	Mg (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	K -----	Na -----	RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>
Água <sup>(1)</sup>	APO	0,68 b	0,75 a	0,64 a	0,66 a	4,27 b	7,43 b
	APF	1,39 a	0,52 a	0,50 a	0,55 a	11,29 a	16,44 a
	ACA	0,93 b	0,62 a	0,35 a	0,51 a	8,16 ab	12,53 ab
CV (%)		16,97	20,01	27,90	30,53	9,21	13,66

<sup>(1)</sup>APO: tratada por osmose reversa; APF: tratada por filtração; e ACA: água do aquífero Açu. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise de variância, todas as variáveis foram transformadas pelo método de Box-Cox.



**Figura 1.** Condutividade elétrica, concentração de íons solúveis e valores da RAS do extrato saturado do solo, irrigado com três tipos de águas: (APO) tratada por osmose reversa, (APF) tratada por filtração e (ACA) água do aquífero Açu.

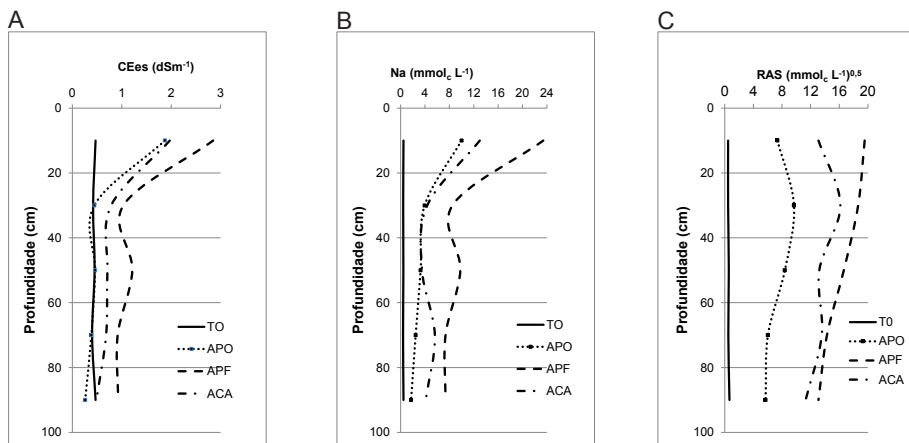
Todos os analitos no extrato saturado, como  $CE_{es}$ , sódio solúvel e RAS, no final do ciclo de cultivo, quando comparado com aqueles contidos na Tabela 3 (antes do cultivo) foram afetados pelo tipo de água utilizado



(Figura 1). Observou-se que a curva da  $CE_{es}$  relativa ao solo antes do cultivo aproximou-se de uma reta descendente e muito próxima ao eixo “Y”, mostrando, dessa maneira, a pequena variação com a profundidade de amostragem. Por sua vez, as curvas relativas às três águas apresentaram certa semelhança no formato, em que os maiores valores de  $CE_{es}$  foram encontrados na camada superficial (0-20 cm). A partir dessa profundidade, os valores foram decrescentes para as três águas, e o afastamento do eixo “Y” dependeu da composição química de cada água utilizada.

Resultados semelhantes na  $CE_{es}$ , em solo arenoso irrigado com águas de  $CE_a$ , variando de 5 dS  $m^{-1}$  a 15 dS  $m^{-1}$ , foram relatados por Ferreira Neto et al. (2002). Na profundidade 90 cm, o valor da  $CE_{es}$  da água APO tendeu a sobrepor àquela do solo não cultivado. A diminuição no valor da  $CE_{es}$  com a profundidade de amostragem foi atribuída ao acúmulo de sais na camada superficial do solo devido à evapotranspiração, e nas camadas inferiores à lixiviação, corroborando, desse modo, os dados de Ayers; Westcot (1985) e Ferreira Neto et al. (2002).

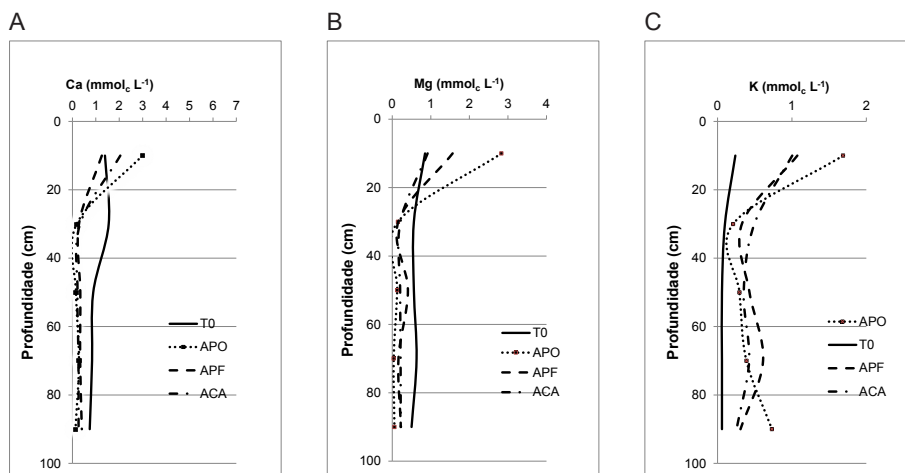
Tendências similares foram observadas para as concentrações de Na, Ca, Mg e K solúveis (Figuras 2B, 3A, 3B e 3C, respectivamente). Tais resultados eram esperados, tendo em vista que os íons em questão são componentes da CE (Figura 2A). Lima et al. (2005) observaram que a aplicação de águas



**Figura 2.** (A): condutividade elétrica média; (B): concentração média de sódio; e (C): valores médios da RAS do extrato saturado do solo irrigado com três tipos de águas: (APO) tratada por osmose reversa, (APF) tratada por filtração e (ACA) água do aquífero Açú.

salinas e alcalinas a solos normais tendeu a elevar a CEEs, e neste caso devem ser aplicadas maiores lâminas de água visando remover os sais acumulados na zona do sistema radicular das plantas.

Quanto aos íons  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$  (Figuras 3A, 3B e 3C, respectivamente), constatou-se que as maiores concentrações também ocorreram na camada superficial, com decréscimos acentuados a partir de 30 cm de profundidade, sendo isso atribuído ao menor conteúdo de Ca e Mg nas águas (Tabela 2), bem como no lixiviado. Salienta-se que o movimento capilar ascendente da água leva os íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , e  $\text{K}^+$  à superfície do solo e, por último, ao deslocamento de tais íons ocasionado pelo sódio encontrado em maior concentração na água de irrigação. Segundo, Manzano Banda et al. (2014), tal situação poderá ser revertida pela adição ao solo de uma fonte de cálcio de mediana solubilidade.



**Figura 3.** Concentrações médias de Ca (A) de Mg (B) e de K (C) no extrato saturado do solo irrigado com três tipos de águas (APO) tratada por osmose reversa, (APF) tratada por filtração e (ACA) água do aquífero Açú.

A RAS, por ser função dos conteúdos dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  (representada pela equação  $\text{RAS} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2]^{1/2}$ ), apresentou, para todas as águas, curvas semelhantes àsquelas representativas do solo antes do cultivo (T0). Na avaliação do risco de sodicidade do solo, as águas podem ser classificadas na ordem que se segue:  $\text{APF} > \text{ACA} > \text{APO}$ . Nota-se que no solo os riscos são maiores na camada superficial, decrescendo gradativamente

a partir de 40 cm de profundidade (Figura 3C). Salienta-se que a análise de variância desse parâmetro não revelou significância estatística com a profundidade de amostragem. Por sua vez, houve significância estatística entre os tipos de água usada ( $p < 0,001$ ).

## Efeito da irrigação sobre os íons trocáveis, T e PST

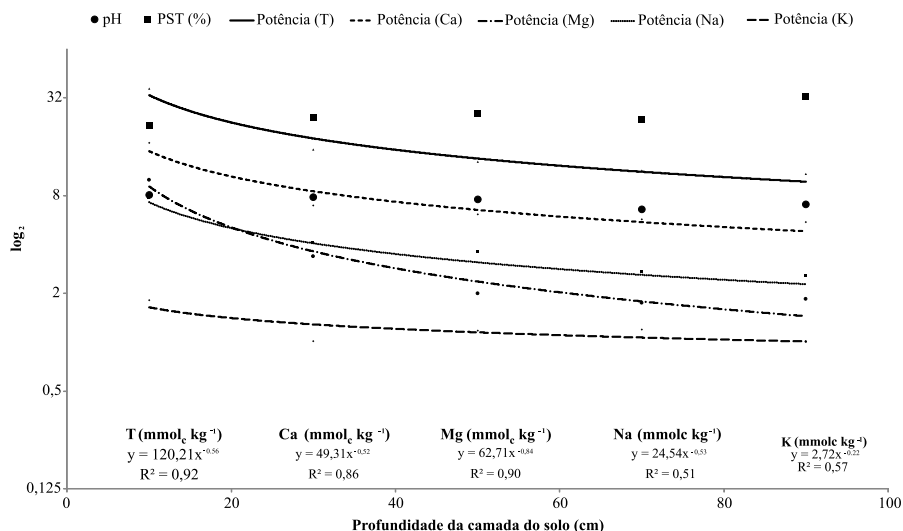
Não houve interação entre o fator água (parcela) e o fator profundidade (subparcela). Houve diferença entre as águas para pH,  $\text{Na}^+$ , T e PST (Tabela 6), também não havendo para  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$ . Quanto às profundidades, para todos os atributos, uma regressão com potência foi o que melhor se ajustou; inclusive representa bem os dados observados. A exceção ficou por conta do pH e do PST, a partir dos quais nenhum modelo de regressão foi ajustado (Figura 4).

Observando-se os resultados (médios) obtidos no final do ciclo de cultivo (Tabela 6), e aqueles (médios) anteriores ao cultivo (Tabela 4), foram notados aumentos em valores de alguns atributos, obedecendo à seguinte ordem decrescente  $\text{CE} > \text{K} > \text{Mg} > \text{pH}$ , enquanto o teor de Ca sofreu redução de 30% com o cultivo do abacaxizeiro. Na camada superior (0 a 20 cm da superfície), próximo às plantas de onde foram retiradas as amostras de solo, o teor de Na aumentou cerca de dez vezes com a aplicação de APO ou ACA e trinta vezes no solo que recebeu APF. Vale destacar que o bulbo úmido do solo utilizado representou não mais do que 20 cm de largura ao longo das fileiras e, assim,

**Tabela 6.** Valores médios de alguns analitos quantificados no solo, no final do ciclo de cultivo do abacaxizeiro ornamental.

Fontes de Variação	pH (água 1:2,5)	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	T	PST (%)
		-----( $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )-----					
Água <sup>(1)</sup>	APO	7,72 b	7,83 a	3,35 a	1,09 a	1,52 b	13,79 b
	APF	8,26 a	7,76 a	2,75 a	1,16 a	5,55 a	17,22 a
	ACA	8,27 a	8,67 a	2,80 a	1,06 a	1,86 b	14,38 b
Média		8,08	8,09	2,97	1,10	2,97	15,13
CV (%)		13,11	14,55	15,78	23,05	22,81	14,35

<sup>(1)</sup>APO: tratada por osmose reversa; APF: tratada por filtração; e ACA: água do aquífero Açu. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise de variância, todas as variáveis foram transformadas pelo método de Box-Cox.



**Figura 4.** Potencial hidrogeniônico (pH), concentração de cátions trocáveis e valores de T da RAS quantificados no solo irrigado com três tipos de águas: (APO) tratada por osmose reversa, (APF) tratada por filtração e (ACA) água do aquífero Açu.

tem-se a considerar que ocorre um mesclado de concentração de Na em parcelas irrigadas por gotejamento. Mas a conseqüente sodificação do solo não pode ser desconsiderada na cultura do abacaxizeiro irrigado com APF. Segundo Garcia et al. (2008), a irrigação com água salina-ácida em solos Latossolo Vermelho e Neossolo Flúvico diminuiu o pH e elevou os conteúdos de cálcio e sódio, sem alterar a acidez titulável e os teores de magnésio e potássio.

A irrigação com água salina-alcalina, tomando-se como referência o solo não cultivado (Tabela 4), propiciou elevação do pH, com conseqüente diminuição no valor da acidez titulável ( $H^+ + Al^{3+}$ ), aumentos nos conteúdos de sódio, potássio e magnésio em todas as camadas de solo, porém o de cálcio somente na camada superficial. Os decréscimos de cálcio nas camadas abaixo de 20 cm da superfície foram atribuídos à sua substituição pelo sódio, abundante em todas as águas utilizadas. Salienta-se que comportamento semelhante foi observado para tal íon no extrato de solo saturado. Kelley e Cummins (1921) relataram que o íon  $Na^+$  quando em elevadas concentrações é capaz de substituir os íons  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ . O acréscimo no valor T na

camada de solo 0-20 cm irrigado com APF imputou-se ao sódio trocável, tendo em vista as baixas variações nos conteúdos dos íons  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^{+}$  quando da irrigação. Com relação à PST, observaram-se variações entre as águas apenas para camada de 0 a 20 cm da superfície. Para as camadas inferiores, as diferenças entre águas não foram significativas. Vale salientar que a porcentagem de  $\text{Na}^{+}$  trocável do solo pode ser alterada em razão da gessagem, prática que resulta num aumento da disponibilidade de  $\text{Ca}^{++}$  trocável no solo (Holanda et al., 1998; Vital et al., 2005; Manzano Banda et al., 2014). Esse condicionador, embora seja de baixa solubilidade em água, é utilizado como fonte de cálcio para substituir o  $\text{Na}^{+}$ , além de fornecer enxofre para as plantas (Manzano Banda et al., 2014).

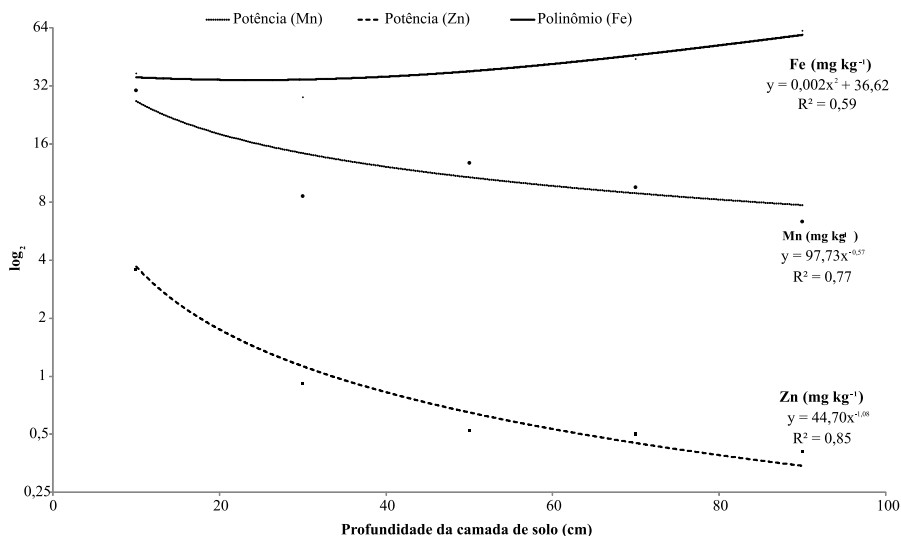
## Aporte dos micronutrientes ao solo

Na avaliação dos resultados obtidos, antes e após o período de irrigação, constataram-se aumentos nos conteúdos de Fe, Mn e Zn em todas as camadas de solo analisadas, isso devido à irrigação e à adubação. Os teores de Cu também foram analisados, no entanto os valores foram ínfimos e sem ligação com os tratamentos. Não houve interação entre o fator água (parcela) e o fator profundidade (subparcela). Houve diferença entre as águas para Fe e Mn (Tabela 7). Quanto às profundidades, foi possível ajustar modelos para os micronutrientes, sendo o polinomial quadrático para Fe e o potência para Mn e Zn (Figura 5).

**Tabela 7.** Aporte de micronutrientes (Fe, Mn e Zn) ao solo pela irrigação com três diferentes tipos de água.

Fontes de Variação		Fe	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn
Água <sup>(1)</sup>	APO	47,26 a	16,43 a	1,19 a
	APF	38,90 b	9,98 b	1,65 a
	ACA	47,95 a	15,71 a	1,56 a
Média		44,70	14,04	1,47
CV (%)		12,12	11,92	29,76

<sup>(1)</sup>APO: tratada por osmose reversa; APF: tratada por filtração; e ACA: água do aquífero Açu. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, em cada camada do solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise de variância, todas as variáveis foram transformadas pelo método de Box-Cox.



**Figura 5.** Conteúdo de micronutrientes quantificados no solo, irrigado com três tipos de águas: (APO) tratada por osmose reversa; (APF) tratada por filtração; e (ACA) água do aquífero Açú.

Observando-se os resultados analíticos das águas contidos na Tabela 2, constatou-se a seguinte ordem de abundância: Fe>Zn>Mn>Cu. Por sua vez, no solo irrigado ocorreu alteração entre o Mn e o Zn, enquanto o Cu deixou de ser quantificado. A não quantificação do Cu foi atribuída à baixa capacidade de extração da solução Mehlich 1, corroborando, desse modo, os achados de Abreu et al. (1997) e de Pereira et al. (2001). Atribui-se, também, a baixa solubilidade dos compostos de cobre formados devido à elevação no pH.

## Absorção de nutrientes pelo abacaxizeiro irrigado

As concentrações de K, Na, Cu e Mn nos tecidos da parte aérea e das raízes do abacaxizeiro foram influenciadas em maior ou menor grau pelo tipo de água de irrigação (Tabela 8). Observa-se que 26%, 18% e 7% do Ca, do Mg e do K absorvidos, respectivamente, foram acumulados nas raízes do abacaxizeiro. Já o Na teve incremento de 64% nas raízes. Resultados semelhantes foram obtidos por Sousa et al. (2016) trabalhando com a cultura do girassol por três ciclos sucessivos. Houve acúmulo de alguns micronutrientes nas raízes, como ferro (85%) e cobre (88%), enquanto outros elementos como manganês (77%) e zinco (61%) tiveram maior concentração na parte aérea das plantas.

**Tabela 8.** Conteúdos de alguns nutrientes contidos na parte aérea e nas raízes do abacaxizeiro ornamental irrigado com água captada do aquífero Açu (ACA) e água produzida tratada por filtração (APF) e água produzida tratada por osmose reversa (APO).

Parte da planta	Água			Média	CV(%)
	ACA	APF	APO		
	----- Ca (g/kg) -----				7,60
Aérea	11,95	10,35	15,40	12,57 A	
Raiz	4,16	4,60	4,73	4,50 B	
Média	8,06 ab	7,48 a	10,07 b	-	
	----- Mg (g/kg) -----				10,49
Aérea	5,51	5,84	5,12	5,49 A	
Raiz	1,11	0,87	1,67	1,22 B	
Média	3,31 a	3,36 a	3,39 a	-	
	----- K (g/kg) -----				5,20
Aérea	13,19 bA	17,81 aA	16,44 aA	15,81	
Raiz	1,42 aB	1,40 aB	1,05 aB	1,29	
Média	7,31	9,60	8,74	-	
	----- Na (g/kg) -----				5,78
Aérea	2,76 bB	4,79 aB	1,91 bB	3,15	
Raiz	3,99 bA	9,37 aA	3,44 bA	5,60	
Média	3,38	7,08	2,67	-	
	----- Cu (mg/kg) -----				15,85
Aérea	1,63 aA	3,31 aB	2,47 aA	2,47	
Raiz	2,83 bA	49,03 aA	5,00 bA	18,96	
Média	2,23	26,17	3,73	-	
	----- Fe (mg/kg) -----				10,74
Aérea	77,10	86,37	85,13	82,87 B	
Raiz	548,10	490,13	396,27	478,17 A	
Média	312,60 a	288,25 a	240,70 a	-	

Continua.

**Tabela 8.** Continuação.

Parte da planta	Água			Média	CV(%)
	ACA	APF	APO		
	----- Mn (mg/kg) -----				7,25
Aérea	55,57 bA	46,43 bA	97,60 aA	66,53	
Raiz	19,80 aB	20,17 aB	20,33 aB	20,10	
Média	37,68	33,30	58,97	-	
	----- Zn (mg/kg) -----				16,14
Aérea	18,70	14,40	18,87	17,32 A	
Raiz	12,10	11,53	9,30	10,98 B	
Média	15,40 a	12,97 a	14,08 a	-	

Todas as variáveis foram transformadas por raiz (X +1), exceto Zn. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, e maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Em relação ao florescimento dos abacaxizeiros, foram visualizados somente benefícios da irrigação, sendo que o cultivo em regime de sequeiro é inviável na localidade onde foi realizado este estudo. Porém, a emissão de hastes florais foi afetada, principalmente com APF (Tabela 9), em que se observou somente 38,06 % das plantas com hastes

**Tabela 9.** Porcentagem de plantas vivas e de plantas com haste floral de abacaxizeiro ornamental nos diferentes tratamentos de água na fazenda Belém, CE.

Tipo de água	Plantas vivas (%)	Plantas sem haste floral (%)	Planta com haste floral (%)
APO	97,3	13,6	83,7
APF	84,8	46,7	38,1
ACA	97,9	17,8	80,1

A porcentagem de plantas sem emissão de haste também foi superior nas parcelas irrigadas com APF, o que pode ser atribuído à salinidade dessa água residual do petróleo. A menor taxa de mortalidade ocorreu nas parcelas irrigadas com APO, com baixo teor salino.



Os frutos de abacaxi ornamental produzidos com APF apresentaram menor comprimento e diâmetro de hastes floral (34,19 cm e 0,95 cm, respectivamente), quando comparados com os produzidos em parcelas que receberam APO (47,69 cm e 1,22 cm, respectivamente) e ACA (46,51 cm x 1,55 cm). O tamanho e diâmetro da infrutescência e o tamanho da coroa de abacaxi ornamental produzido com água APF apresentaram a mesma tendência observada para o comprimento e diâmetro da haste, quando comparado com os demais tipos de água de irrigação. As infrutescências de plantas irrigadas APO ou ACA apresentaram padrão bastante similar (4,18 cm x 3,08 cm a 4,00 cm x 2,88 cm), enquanto no tratamento com APF foram obtidos frutos bem menores (2,63 cm x 2,31cm).

Após a colheita, as hastes foram mantidas em ambiente refrigerado a 15 °C e acondicionadas em caixas plásticas sem hidratação. Independentemente dos tratamentos de irrigação da cultura, as hastes permaneceram em condição de comercialização por um período de 21 dias. Mas o tamanho reduzido de inflorescências obtidas em parcelas irrigadas com APF certamente influencia negativamente no valor de mercado do abacaxizeiro ornamental.

## Conclusões

---

A irrigação com água produzida filtrada aumenta o risco de salinização e sodificação do solo em áreas produtivas. A irrigação com água produzida tratada por osmose reversa, em curto prazo, pode ser considerada uma alternativa para a produção de abacaxizeiro ornamental em regiões próximas da indústria de exploração do petróleo.

## Agradecimentos

---

Os autores agradecem à PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A pelo financiamento para a realização da pesquisa.

## Referências

---

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; RAIJ, B. van. Análise de micronutrientes em solos brasileiros: situação atual e perspectiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 20 p. 1 CD ROM.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water Quality for Agriculture**. Rome: FAO, 1985. 174 p. (Irrigation and Drainage Paper, 29). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00.HTM>>. Acesso em: 3 jan. 2016.
- BENKO, K. L.; DREWES, J. E. Produced water in the United States: geographical distribution, occurrence and composition. **Environmental Engineering Science**, v. 25, n. 2, p.239-246, 2008.
- CARVALHO, A. C. P. P. de; SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H. de. **Produção de abacaxizeiro ornamental para flor de corte**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 44 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 169). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122124/1/DOC14002.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2016.
- CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação a fronteira hídrica na produção de alimentos: irrigação e tecnologia moderna**, Brasília, DF: ABID, 2002. p. 46-55.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169149/1/Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-2-ed-1997.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2016.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005. Disponível em: <[http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos\\_NEAS/2005\\_3.pdf](http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2016.
- ÇAKMAKCI, M.; KAYAALP, N.; KOYUNCU. I. Desalination of produced water from oil production fields by membrane processes. **Desalination**, v. 222, p. 176-186, 2008.
- DEJOIA, A. J. **Developing sustainable practices for CBM-Produced water irrigation**. Ground Water Protection Council Produced Water Conference, Colorado Springs, 2002.
- ESSINGTON, M. E. **Soil and water chemistry: an integrative approach**. Boca Raton: Taylor and Francis, 2015. 656 p.
- FAO. **FAO Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture**. Rome, 2013. 289 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>>. Acesso: 11 set. 2015.

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H.; HOLANDA, J. S. de; MEDEIROS, J. F. de; FERNANDES, P. F. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 169-75. 2002

FERRO, N. Dal. **Irrigation with saline water**: prediction of soil sodication and management. Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per L'Ambiente e Il Territorio. Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali. Facoltà Di Scienze MM.FF.NN. e Agraria. Università Degli Studi Di Padova, 2008. 119 p.

GARCIA, G. de O.; MARTINS FILHO, S. M.; REIS, E. F. dos; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. de A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 1, p. 7-18, 2008.

HOLANDA, J. S.; VITTI, G. C.; SALVIANO, A. A. C.; MEDEIROS, J. D. F.; AMORIN, J. R. A. Alterações nas propriedades químicas de um solo aluvial salino-sódico decorrentes da subsolagem e do uso de condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 387-394, 1998.

IGUNNU, E. T.; CHEN, G. Z. Produced water treatment technologies. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, p. 157-177, 2012.

KELLEY, W. P.; CUMMINS, A. B. Chemical effects of salts on soils. **Soil Science**, v. 11, p. 139-159, 1921.

KRAUSKOPF, K. Geochemistry of micronutrients. In: DINAUER, R. C. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1972. p. 7-40.

LIMA, C. B. E.; SANTOS FILHO, S. V. dos; SANTOS, M. A. dos; OLIVEIRA, M. de. Influência da água salina nas características físico-químicas do solo e no desenvolvimento da mamoneira cultivada em vasos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 30-36, 2005.

MANZANO BANDA, J.I.; RIVERA ORTIZ, P.; BRIONES ENCINIA, F.; ZAMORA TOVAR, C. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso em el Distrito de Riego 086, Jiménez, Tamaululipas, México. **Terra Latino Americana**, v. 32, n. 3, 2014.

MOTA, S. D.; AQUINO, M. D. de.; SANTOS, A. B. dos. Reuso de águas: conceitos; importância; tipos. In: MOTA, S. D.; AQUINO, M. D. de.; SANTOS, A. B. dos. (Org.). **Reuso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, 2007. p. 21-37.

MOTTA, A. R. P.; BORGES, C. P.; KIPERSTOK, A.; ESQUEREE, K. P.; ARAUJO, P. M.; BRANCO, L. da P. N. Tratamento da água produzida de petróleo para remoção do óleo por processo de separação por membranas: revisão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 15-26, 2013.

PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; VALLADARES, G. S. Comparação de métodos de extração de cobre, zinco, ferro e manganês em solos do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 655-660, 2001.

REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil, 7).

RHOADS, J. D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. **The use of saline water for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**, Washington DC: US Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SOUSA, A. F.; CRISOSTOMO, L. A.; WEBER, O. B.; ESCOBAR, M. E. O.; OLIVEIRA, T. S. de. Nutrient content in sunflower irrigated with oil exploration water. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 94-100, 2016.

STEWART, M.; ARNOLD, K. **Produced Water Treatment Field Manual**. Waltham: Gulf Professional Publishing, 2011, 260 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

VITAL, A. de F. M.; SANTOS, R. V. dos; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, J. S. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 30-36, 2005.



---

*Agroindústria Tropical*

MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**

